

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані системи управління»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Система автоматичної електрозарядки на паркуванні»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ІА-61

Панасюк Станіслав Іванович _____

Керівник:

Заступник декана, к.т.н., доцент,

Писаренко Андрій Володимирович _____

Рецензент:

доц. каф. ТК, к.т.н., доц.

Ткач Михайло Мартинович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматичного управління в технічних системах

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані системи управління»

«Затверджую»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Панасюка Станіслава Івановича**

1. Тема проєкту «Система автоматичної електрозарядки на паркуванні», керівник проєкту Писаренко Андрій Володимирович к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «07» травня 2020р. №1081-с.
2. Термін подання студентом проєкту 09.06.2020
3. Вихідні дані до проєкту: пересувний акумулятор, що складається з акумуляторів типорозміру 18650 загальною ємністю 50кВт·год, потужністю 142кВт та габаритами 975х360х234, модель комп'ютерного зору, здатна розпізнавати сучасні порти електромобілів, програмне забезпечення для використання моделі комп'ютерного зору.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області та огляд існуючих рішень, опис структурної схеми, опис функціональної схеми, опис діаграми послідовності, опис діаграми класів, опис діаграми варіантів використання, вибір окремих компонентів, елементи реалізації запропонованого рішення.
5. Перелік графічного матеріалу: схема структурна, схема функціональна, діаграма послідовності, діаграма класів, діаграма варіантів використання.

6. Дата видачі завдання 30 квітня 2020 року

Календарний план

№	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	10.03.20 – 20.03.20	
2	Пошук даних для машинного навчання	20.03.20 – 03.04.20	
3	Тренування моделі комп'ютерного зору	03.04.20 – 12.04.20	
4	Розробка концептуального додатку, що використовує натренеровану модель	13.04.20 – 25.04.20	
5	Перевірка роботи моделі та її коректування	25.04.20 – 29.04.20	
6	Проектування системи та її компонентів	29.04.20 – 05.05.20	
7	Опис ролей користувача, доку, акумуляторів, робота та серверу	05.05.20 – 09.05.20	
8	Спроектowana безпека системи	09.05.20 – 10.05.20	
9	Розроблення схем та діаграм	10.05.20 – 21.05.20	
10	Оформлення текстової документації	21.05.20 – 08.06.20	

Студент
ПАНАСЮК

Станіслав

Керівник
ПИСАРЕНКО

Андрій

АНОТАЦІЯ

Панасюк С.І. Система автоматичної електрозарядки на паркуванні. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020.

Пояснювальна записка складається з 8 розділів, 63 с. тексту, містить 27 рисунків, 1 таблицю, посилання на 42 літературних джерела, додатки та 5 креслеників.

Ключові слова: система електрозарядки, комп'ютерний зір, машинне навчання, самокерований робот, пересувний акумулятор.

Об'єктом розробки є система автоматичної електрозарядки на паркуванні.

Мета розробки – спрощення та автоматизація заряджання електромобілів, а також зниження ціни інфраструктури зарядки для паркувань.

У дипломному проекті розроблено фрагменти системи автоматичної зарядки електрокарів, а саме: підсистема, що за рахунок самокерованого робота та комп'ютерного зору автоматично підключає пересувний акумулятор до авто, що потрібно зарядити, а також підсистеми для взаємодії користувача із роботом за рахунок додатку на телефон та серверу. Проведено розрахунки необхідних параметрів пересувних акумуляторів та підібрані компоненти, використовуючи які можна побудувати систему, подібну до описаної. Наведена система є унікальною, і не має комерційних аналогів.

SUMMARY

Panasiuk S.I. Autonomous charging system for electric vehicles. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2020.

The explanatory note consists of 8 sections, 63 pages of text, 27 figures, 1 table, references to 42 literature sources, appendices and 5 drawings.

Keywords: recharging system, computer vision, machine learning, self-driving robot, mobile battery, server.

The object of development is an autonomous charging system for electric vehicles.

The purpose of the development is to simplify and automate the charging of electric vehicles, as well as reduce the cost of charging infrastructure for parking.

The graduation project developed fragments of the system of automatic charging for electric cars, namely: a subsystem that automatically connects the mobile battery to the car to be charged using the self-driving robot and computer vision, as well as subsystems for user interaction with the self-driving robot via phone application and server. The calculations of the necessary parameters of mobile batteries and selected components, using which you can build a system similar to the one described, are done. This system is unique and has no commercial counterparts.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Система автоматичної електрозарядки
на паркуванні»**

Київ – 2020 року

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ....	5
1.1 Загальні відомості.....	5
1.1.1 Зарядні станції.....	5
1.1.2 Типи роз'ємів.....	6
1.2 Відмінність звичайної, пришвидженої та швидкої зарядок.....	14
1.3 Аналогічні рішення.....	15
1.3.1 Volkswagen Mobile Charging Robot.....	15
1.3.2 Висновки до розділу.....	17
2 ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	18
3 ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ.....	21
4 ОПИС ДІАГРАМИ ПОСЛІДОВНОСТІ.....	22
5 ОПИС ДІАГРАМИ КЛАСІВ.....	24
6 ОПИС ДІАГРАМИ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ.....	29
7 ВИБІР ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ	31
7.1 Wi-Fi маршрутизатор.....	31
7.2 Обчислювальний модуль доку та пересувного робота.....	32
7.3 Накопичувач для доку	33
7.4 Камера для самокерованого робота	33
7.5 Акселерометр самокерованого робота	34
7.6 Носій енергії для пересувного акумулятора.....	36
7.7 Контролер заряду пересувного акумулятора	36

					ІА61.190БАК.005 ПЗ			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Панасюк С.І.			Система автоматичної електрозарядки на паркуванні	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Писаренко А.В.					2	68
						НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» ФІОТ група ІА-61		
Н. контр.								
Затв.								

7.8	Драйвер для керування двигунами та приводами	37
7.9	Маніпулятор	39
7.10	Датчик відстані	40
8	ЕЛЕМЕНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ	42
8.1	Самокерований робот	42
8.2	Пошук порту для зарядки	43
8.2.1	Пошук порту за рахунок мітки	43
8.2.2	Пошук порту за рахунок комп'ютерного зору.....	44
8.2.3	Вибір рішення для пошуку порту	44
8.2.4	Реалізація	46
8.2.4.1	Опис обраного рішення для навчання моделі комп'ютерного зору	46
8.2.4.2	Процес тренування моделі комп'ютерного зору.....	47
8.3	Пересувний акумулятор	51
8.3.1	Роль у системі	52
8.3.2	Розрахунок характеристик носія енергії пересувного акумулятора	52
8.4	Док для підзарядження	54
8.5	Додаток.....	54
	ВИСНОВКИ	56
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

Із розповсюдженням ідеї застосування відновлюваних джерел енергії, з'являється тенденція переходу на автомобілі з електродвигунами замість двигунів внутрішнього згоряння. Проте, інфраструктура більшості країн сильно розвинена у напрямку постачання палива для авто, що використовують невідновлюване паливо, а встановлення пунктів заряджання електрокарів виявляється доволі витратним. А складності заряджання таких авто відлякують більшість потенційних користувачів.

Доволі розповсюдженим є рішення встановлення одного-двох пунктів заряджання на великих паркуваннях, що дозволяє власникам електрокарів заряджати свої авто не на спеціальних заправках, як з авто, що використовують пальне, а на паркуванні біля свого будинку.

Головні проблеми – електрокари довго заряджаються, а паркомісць із зарядними пунктами занадто мало, аби задовольнити попит. Отже, лише декілька власників залишають свої автівки заряджатись на ніч, а інші мають чекати своєї черги.

Метою даної роботи є спрощення організації зарядки електрокарів на існуючих паркуваннях за рахунок використання мобільних систем заряджання.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Загальні відомості

1.1.1 Зарядні станції

Зарядні станції – це аналог паливної заправки, але замість заправних колонок у них використовуються зарядні стенди із кабелями та конекторами для заряджання електрокарів.

Зарядні станції за європейською класифікацією поділяються за режимами [1]:

а) Mode 1: Наймалопотужніша станція, здатна жити від побутової електромережі. Час заряджання електрокара за її допомогою – до 10-12 годин. Вона майже не використовується для сучасних електромобілів;

б) Mode 2: Стандартна зарядна станція змінного струму, котру використовують як у побуті, так і на електрозаправках. Підходить для електрокарів майже будь-якого типу, що мають традиційний роз'єм із системою захисту всередині кабелю. Час заряджання електромобіля – до 8 годин;

в) Mode 3: Найпотужніший режим для зарядних станцій змінним струмом. Сумісний із роз'ємами типу Type 1 (SAE J1772) для однофазних ланцюгів та Type 2 – для трьохфазних. Час заряджання може сягати від декількох хвилин до 3-4 годин;

г) Mode 4: Швидкісна зарядка, що використовує вже не змінний, а постійний струм. Час заряджання акумулятора середнього електрокару – за півгодини до 80%. Ціни таких станцій досить високі, а в Україні майже не зустрічаються.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Також потрібно окремо виділити окремий тип зарядних станцій – Tesla Supercharger. Вони використовуються для заряджання автомобілів марки «Tesla» та за швидкістю приблизно співпадають із Mode 4. Вони можуть зарядити до 50% за 20 хвилин та до 80% за 40. Залишкові 20% потребують ще 35-40 хвилин через особливості акумуляторів електрокарів у цілому. Максимальна потужність заправок – 135 кВт постійного струму.

1.1.2 Типи роз'ємів

На сьогодні не існує жодного стандарту ані зарядних станцій, ані роз'ємів. Європейські автовиробники частіше за все використовують Mannekes та CHAdeMO, американські – CSS Combo та SAE J1772. Також, існують свої стандарти у Китаї. Причиною такого різновиду роз'ємів є прагнення кожного з виробників впевнитися у тому, що саме їх роз'єми та електромобілі виграють «гонку технологій».

Для вирішення проблем на американських електростанціях з'явилися пристрої, сумісні із європейськими стандартами, а у Європі – із американськими та китайськими. Далі розглянуто детально кожний із популярних портів зарядки електрокарів.

Type 1 (SAE J1772). 2009 році американські розробники з організації SAE створили та ввели в експлуатацію 5-ти штирьовий роз'єм стандарту J1772 (рисунок 1.1) [2].

Його призначення – зарядка акумуляторів електротранспорту від звичайної мережі змінного струму у 220 В. Максимальна потужність – 7,2 кВт.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Порт SAE J1772 [3]

Спочатку стандарт використовувався тільки в США та Японії, однак до 2016 року вийшло декілька європейських моделей з таким роз'ємом. Модифікований стандарт дозволяє заряджати акумулятори з використанням потужності у 90 та навіть 240 кВт при потужності струму у 450 та 600 А відповідно.

Список електрокарів, що використовують роз'єм Type 1, включає в себе:

- а) Audi A3 Sportback E-tron, що підтримує потужність зарядки до 3,7 кВт;
- б) версії BMW i3 до 2014 року випуску, котрі можна було заряджати із потужністю до 6,6 кВт;
- в) BMW i8, 330e та X5e – 3,7 кВт;
- г) Mercedes Benz C-Class C 350 e та S500 e – 3,7 кВт;
- д) Nissan Leaf 24 та 30, що заряджався із потужністю 6,6 кВт близько 4-5 годин відповідно;
- е) гібриди Porsche Cayenne та Panamera, підтримуючі потужність 3,6 кВт.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Type 2 (Mennekes). 3 січня 2013 року у відповідності з планами Європейської комісії розвитку екологічного транспорту був прийнятий новий стандарт роз'ємів для електромобілів. Його назвали ІЕС 62196 Type 2, або ж Mennekes (рисунок 1.2) – за назвою компанії-розробника. Цей тип вважається стандартним та найрозповсюдженішим у Європі [4].

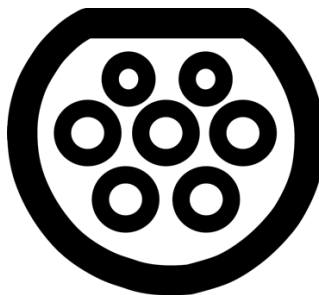


Рисунок 1.2 – Порт Mennekes (ІЕС 62196 Type 2) [5]

Для однофазної мережі максимальна потужність не відрізняється від Type 1 – 7.4кВт. Але для трьохфазної (380 В) підтримує 43,5 кВт. Модифікована у США версія Type 2 дозволяє заряджати автомобілі Tesla із потужністю 120 кВт.

До автомобілів, котрі можна заряджати через роз'єм Type 2, відносять:

- а) Hyundai Ioniq – потужність зарядки 6,6 кВт;
- б) Kia Soul EV – 6,6 кВт;
- в) Opel Ampera-e, підтримуюча тільки 7,2 кВт (однофазне підключення);
- г) Renault Zoe з можливістю зарядки за допомогою 22 кВт;
- д) призначені для Європи Tesla Model S та Model X – 11 або 16,5 кВт;
- е) американські Tesla – до 120 кВт.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

CHAdeMO. Стандарт швидкої зарядки, котрий підтримують автоконцерни Nissan, Mitsubishi, Subaru та Toyota («Асоціація CHAdeMO») [6]. Порт зображено на рисунку 1.3.

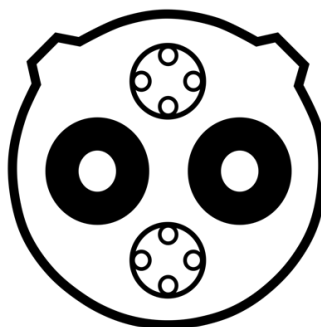


Рисунок 1.3 – Порт CHAdeMO [7]

Прийнятий у 2010 році, а назва розшифровується як «charge de move» (фр. «зарядись для руху»).

Потужність зарядних станцій, що використовують постійний струм, становить 50-200 кВт, а акумулятор заряджається на 80% протягом півгодини. Для потужності у 200 кВт використовують струм 400 А при напрузі 500 В.

У 2018 році асоціація опублікувала інформацію щодо створення нового протоколу CHAdeMO 2.0, що дозволяє заряджати електрокари з потужністю до 400 кВт [8]. Це має помітно збільшити швидкість заряджання, котра у більшості електрозаправок поки не перевищує 50 кВт. Порт використовується той самий, але кабель повинен мати рідинне охолодження. За рахунок використання того самого порту, заряджати можна як усі поточні електрокари, так і майбутні, які будуть підтримувати високопотужну зарядку.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Порти CHAdeMO можна побачити на таких авто:

- а) Kia Soul EV – 50 кВт;
- б) Nissan Leaf 1 та 1.1, Nissan e-NV200 – ті самі 50 кВт;
- в) Citroen Berlingo – до 50 кВт;
- г) Renault ZOE ZE – 43 кВт;
- д) Daimler Smart ED та європейська версія старої Tesla Model S – 22 кВт;
- е) Mercedes B250E – 11 кВт.

CCS Combo. Універсальний стандарт роз'ємів для швидкої зарядки, головний конкурент CHAdeMO.

Перше покоління (рисунок 1.4) підтримує потужність до 80 кВт при напрузі до 400 В (200А), а друге (рисунок 1.5) – до 350 кВт при напрузі до 1000В (350 А) [1].

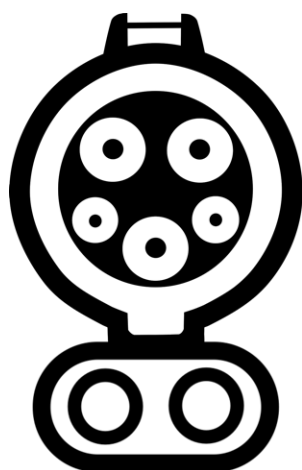


Рисунок 1.4 – Порт CCS Combo 1-го покоління [9]

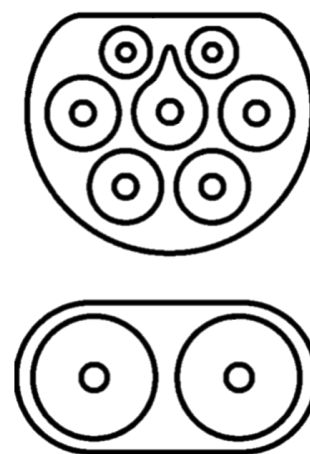


Рисунок 1.5 – Порт CCS Combo 2-го покоління [10]

Стандарт використовується з 2012 року, коли 8 корпорацій (Audi, Chrysler, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche та Volkswagen) домовились щодо використання на своїх автомобілях роз'ємів CCS Combo.

Роз'єм дозволяє заряджати акумулятори різними способами – повільно, але від побутової зарядки, або ж швидко через спеціальний роз'єм, або із високою швидкістю та за допомогою зовнішнього пристрою. Переваги стандарту – можливість підключення до звичайної мережі.

Стандарт та швидкість зарядки при потужності до 50 кВт підтримуються такими авто:

- а) Volkswagen e-Golf та ID;
- б) KIA Niro;
- в) Hyundai eSUV;
- г) Daimler EQ;
- д) Focus Electric.

Роз'єм GB/T, або ж GBT (рисунки 1.6, 1.7) створено виключно для китайського ринку, проте підтримуючі його зарядні станції можна зустріти у Європі та США [1].



Рисунок 1.6 – Порт GB/T(AC) [9]

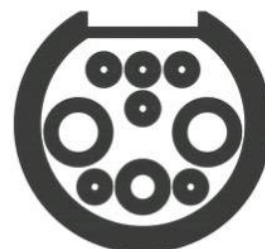


Рисунок 1.7 – Порт GB/T(DC) [9]

З'явився він одночасно зі створенням перших серійних китайський електромобілів на початку 2010-х років та його було розроблено на базі порту Type 2.

Візуально GB/T (AC) доволі сильно нагадує Mennekes, але не сумісний із ним, тому потребує використання інших зарядних станцій.

У 2018 році асоціація CHAdeMO та китайська Рада по електриці анонсували сумісне розроблення порту з кодовою назвою ChaoJi [11], ціллю якого є надання зарядки потужністю 900 кВт (600 А при 1.5 кВ). Час зарядки середнього авто до 80% – не більш ніж 15 хвилин. При цьому, основною ціллю є сумісність із поточними CHAdeMO та GB/T. У 2019 році було заявлено, що можлива сумісність навіть із CCS портами, проте це рішення зараз під питанням. Поки що жодних презентацій не було, є лише прототипи щодо можливого вигляду нового порту (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Прототип порту з кодовою назвою ChaoJi [12]

Китайські моделі з таким стандартом зарядки майже не зустрічаються на території України, але зарядні станції знайти можна. Список моделей:

- а) Zotye E200 EV та Z500 EV;
- б) JAC iEV6E;
- в) DongFeng E30L;
- г) BYD E6;
- д) JMEV електрокари Е серії.

Бездротова зарядка. На даний момент існують декілька реалізацій бездротової зарядки електрокарів. Одна із них представлена під назвою «PLUGLESS» [14].

Вона складається з трьох компонентів – панелі керування (Control Pane), платформи для зарядки (Parking Pad) та адаптера для автомобіля (Vehicle Adapter) (рисунок 1.9). Адаптер для автомобіля емулює SAE J1772 стандарт та блокує можливість одночасної зарядки і бездротовим, і дротовим способами. Платформа для зарядки автоматично виявляє завади у вигляді металевих об'єктів та перериває заряджання. Панель керування подає змінний струм на платформу для зарядки, а також допомагає вирівняти автомобіль над платформою. Відстань, за якої відбувається зарядка – близько 10 см. Також, є підтримка функції Summon у Tesla, за рахунок котрої електрокар може сам вирівнятись над платформою для зарядки.

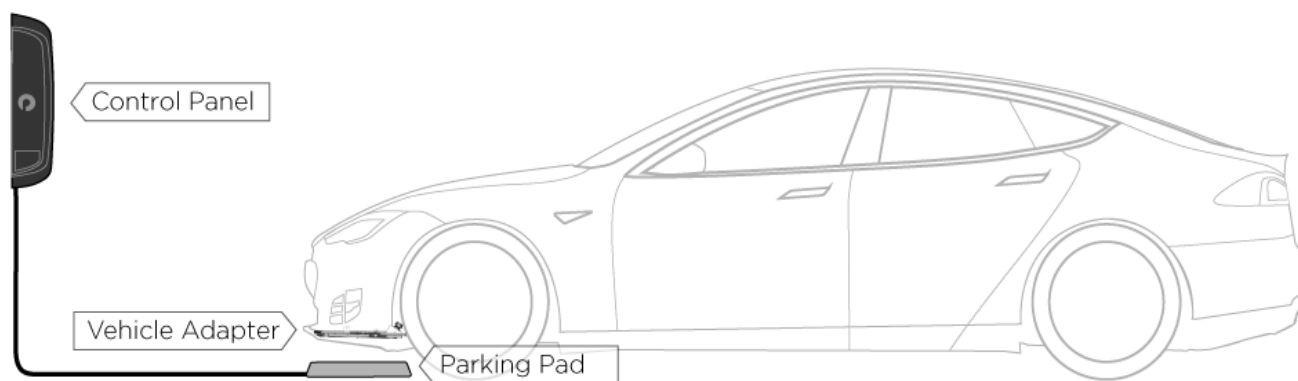


Рисунок 1.9 – Компоненти "PLUGLESS" системи [15]

Така система не потребує фізичної взаємодії і може працювати у будь-яких умовах (наприклад, крізь сніг). Основою цієї реалізації є передача за рахунок електромагнітної індукції. Потребує підключення до однофазної мережі змінного струму із напругою 208-240 В та силою струму 50 А. Потужність зарядки майже сягає рівня звичайних зарядок – 7,2 кВт.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		13

Отже, з плюсів можна назвати легкість у використанні, можливість зарядки вдома та ощадлива зарядка акумулятора. Мінусом є швидкість зарядки, а також необхідність доволі точного розміщення адаптера для автомобіля над платформою.

Наразі встановлення адаптера для автомобіля можливе у наступні моделі:

- а) Chevy Volt при силі струму у 30 А (3.3-7.2 кВт);
- б) Nissan LEAF при силі струму у 30 А (3.3-7.2 кВт);
- в) Tesla Model S при силі струму у 50 А (7.2 кВт);
- г) BMW i3 при силі струму у 50 А (7.2 кВт).

1.2 Відмінність звичайної, пришвидшеної та швидкої зарядок

Стандартні зарядні станції використовують для зарядки акумулятора електромобіля змінний струм.

Якщо використовується однофазна мережа, максимальна напруга може сягати 220 В, а потужність не перевищує 7,4 кВт. Проте, таких показників замало для сучасних електрокарів із запасом ходу не менш, ніж 200 км. Оскільки при зарядці з однофазної мережі авто може заряджатись протягом близько 5 годин, почали використовувати трьохфазну мережу [1].

Електромережа із напругою 380 В дозволяє зарядити електромобіль у декілька разів швидше. При однаковій силі струму у 16 А, потужність зарядки підвищується до 10,5 кВт при максимальному значенні близько 50 кВт.

Отже, при підзарядці від змінного струму можна виділити звичайну (від однофазної мережі) та пришвидшену (від трьохфазної мережі) зарядки.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Вони підходять у випадках, коли у водія є декілька годин, або авто заряджається вдома.

По-справжньому швидка зарядка виконується за допомогою постійного струму. Для цього використовуються спеціальні батареї, встановлені на зарядних станціях. Відсутність необхідності перетворювати змінний струм електромережі на постійний струм акумулятора електромобіля дозволяє скоротити процес у декілька разів.

Переваги такої зарядки – висока швидкість. Але є і недоліки, через які технологія поки що не дуже розповсюджена на відміну від «звичайної» та «пришвидженої».

Один із недоліків – неможливість зарядити із максимальною швидкістю акумулятор більш, ніж на 80%, після чого процес сповільнюється. Крім того, станції швидкої зарядки набагато дорожчі у обслуговуванні, а батарея, котру постійно заряджають таким чином, швидше виходить із ладу. Тому рекомендується використовувати швидку зарядку тільки у разі необхідності, а у інших випадках заряджати від мережі.

1.3 Аналогічні рішення

1.3.1 Volkswagen Mobile Charging Robot

У мережі нещодавно з'явився перший концепт аналогічного рішення системи автоматичної електрозарядки на парковці. Компанія Volkswagen представила свій погляд на майбутнє – робот, який заряджає електрокари, що цього потребують (рисунок 1.10) [16].

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.10 – Volkswagen Mobile Charging Robot [17]

Склад прототипу Volkswagen Mobile Charging Robot:

- а) самокерований робот;
- б) пересувні акумулятори (приблизно 25кВт·год кожен) з конектором для заряджання автомобілю;
- в) зарядні доки для підзаряджання пересувних акумуляторів.

Процедура використання Volkswagen Mobile Charging Robot:

- а) водій залишає свій електрокар на будь-якому вільному місці для паркування;
- б) через додаток на смартфоні відмічає своє авто як таке, що потребує підзарядки;
- в) смартфон збирає інформацію щодо поточного рівня заряду електрокара і відправляє її до самокерованого робота;
- г) робот обирає пересувний акумулятор із достатнім рівнем заряду і підвозить його до автомобілю;
- д) робот підключає пересувний акумулятор до електромобілю та повертається до зарядного доку у очікуванні наступних запитів;

е) при достатній зарядці авто, або після вичерпання рівню заряду пересувного акумулятора, самокерований робот відключає акумулятор від автомобілю, після чого повертає у зарядний док для повторного заряджання.

1.3.2 Висновки до розділу

У результаті дослідження існуючих аналогів було виявлено, що на даний момент готових рішень від конкурентів у галузі автоматичного заряджання електрокарів нема. У порівнянні із концептом від Volkswagen, у даному проекті передбачені такі можливості, як черга на заряджання, робота із обліковим записом, можливість оплати з рахунку облікового запису та підтримка багатьох розповсюджених портів заряджання.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Розроблена схема структурна представлена на кресленику ІА61.190БАК.005 Э1.

Основні елементи системи:

- а) додаток;
- б) сервер;
- в) зарядний док;
- г) пересувний акумулятор;
- д) самокерований робот.

Самокерований робот. Задача самокерованого робота – під'єднання пересувних акумуляторів до автомобілів, їх подальше від'єднання та підзарядка. Під'єднання відбувається із використанням комп'ютерного зору для розпізнавання типу порта. Також, робот контролює стан виконання завдання користувача і замінює пересувні акумулятори за потреби.

Самокерований робот складається з:

- а) маніпулятора для під'єднання акумулятору до авто;
- б) камери для знаходження та ідентифікування зарядного порту, а також складання мапи паркування при початковому налаштуванні системи;
- в) обчислювального модуля для обрахування положення у просторі, обробки зображення з камер за допомогою комп'ютерного зору, та складання мапи паркування, тобто розмічення границь, у яких робот повинен працювати;
- г) Wi-Fi модулю для обміну даними із сервером;
- д) коліс для пересування;
- е) датчиків відстані.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Док для підзаряджання пересувних акумуляторів – це місце біля паркування, здатне утримувати мінімум одного робота та один пересувний акумулятор, а також надавати зарядку до кожного акумулятора та робота. За рахунок доку відбувається обмін даними між роботом, акумуляторами та сервером.

Док складається з:

- а) зарядних пристроїв для кожного акумулятору та робота;
- б) модуля виходу до інтернету задля зв'язку із сервером;
- в) точки доступу Wi-Fi, завдяки якій відбувається обміну даними робота із акумуляторами та сервером;
- г) накопичувача, який зберігає у собі складену мапу місцевості (паркування), яку надає роботу за необхідності.

Пересувний акумулятор. Увесь вільний час пересувні акумулятори знаходяться у доку для того, щоб за потребою надати максимальний об'єм електроенергії і задовільнити запит користувача із найменшою кількістю використаних акумуляторів. Вони збирають інформацію щодо поточного стану заряду авто, а також відповідають за дотримання виконання завдання користувача по об'єму енергії. Під час під'єднання, за рахунок інформації щодо стану заряду, самокерований робот має можливість зрозуміти, коли зарядний пристрій було успішно підключено, аби залишити акумулятор та повернутися до доку за наступними завданнями.

Пересувний акумулятор складається з:

- а) акумулятора для зберігання заряду, який у подальшому буде віддаватись на авто;
- б) Wi-Fi модуля для повідомлення серверу щодо стану заряду;
- в) широкого переліку найбільш розповсюджених зарядних пристроїв відповідно до місцевості, у якій встановлена система;

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

г) мікроконтролера для виконання функцій лічильника, обміну даними Wi-Fi мережею та контролю заряду акумулятора;

д) коліс для пересування.

Сервер відіграє роль з'єднуючої ланки між користувачем (додатком) та мережею доків. Сервер відповідає за ведення облікових записів користувачів, роботу з балансом та виконання запитів на заряджання. З основних функцій можна виділити:

а) сервер дозволяє користувачам зареєструватись та входити до свого облікового запису за допомогою додатку;

б) надає можливість користувачеві поповнювати рахунок та залишати запит на заряджання;

в) надсилає запит у відповідний док щодо необхідності зарядити авто, його положення та цільовий об'єм;

г) надає користувачеві актуальну інформацію щодо стану його запиту та процесу зарядки – за рахунок зворотнього зв'язку із доком, який у свою чергу сполучається із роботом та акумуляторами.

Додаток надає користувачеві можливість взаємодіяти із системою.

Для того, щоб розпочати використання додатку потрібно зареєструватися у системі. Після цього користувач повинен надіслати запит на заряджання автомобіля попередньо вказавши своє паркомісце, цільовий об'єм заряджання.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш 20
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

Розроблена схема функціональна представлена на кресленику ІА61.190БАК.005 Э2.

Оскільки жоден мікроконтролер не здатен надавати достатню напругу для роботи двигунів та маніпулятора, з'являється потреба у драйверах. Драйвери дозволяють розділити керуючий сигнал та струм, необхідний для роботи двигунів. Більшість драйверів працюють за принципом, схожим із реле.

Реле для початку/закінчення заряду надає можливість комутації у схемах із великою напругою, надаючи при цьому можливість керування слабким керуючим сигналом. Наприклад, мікроконтролер може подати 12В сигнал на реле, після чого відбудеться комутація електричного струму із потужністю 100кВт. Наприклад, електромагнітне реле: при подачі струму на котушку, контакти замикаються. При цьому, контур керуючого струму котушки не впливає на з'єднане коло, а отже є безпечним для людини. Наприклад, керування потужними системами може відбуватись за рахунок безпечних 12В кнопок, або ж тумблерів.

У наведеній схемі реле відповідає за контроль заряду авто, адже мікроконтролер не здатен самотійно подавати потужність близько 150кВт на порт заряджання авто від акумулятора.

Драйвери для керування електродвигунами та приводами схожі на реле, проте окрім надання можливості вмикання та вимикання потужних двигунів за рахунок малих струмів, вони ще надають можливість контролю обертів та напрямку обертання, а іноді – підключення декількох двигунів та незалежного впливу на них.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИС ДІАГРАМИ ПОСЛІДОВНОСТІ

Розроблена діаграма послідовності представлена на кресленику ІА61.190БАК.005 Д1.

На схемі зображено повна послідовність дій від авторизації і до підключення пересувного акумулятору до автомобіля.

Авторизація відбувається за рахунок взаємодії користувача із сервером за допомогою додатку. При відкритті додатку, користувач вітає екран для вводу логіну та паролю. Після того, як користувач ввів необхідні дані, додаток надсилає POST запит до серверу, який включає у себе логін та пароль.

Далі сервер перевіряє, чи є користувач із таким логіном у базі даних. Якщо є, за рахунок приватного ключа, вираховує хеш комбінації логіну та паролю і порівнює його із хешем, що збережено у базі даних. У випадку збігу хешів, сервер шифрує ідентифікаційний номер користувача та його роль у ключ доступу – Json Web Token, що повертається додатку. Якщо ж такого користувача нема у базі, або обрахований хеш розбігається із збереженим, повертається помилка, яка відображається у додатку.

Запит на заправку. Після того, як користувач пройшов етап авторизації та додаток отримав згенерований сервером ключ доступу, користувач може відправити запит на заправку. У такому випадку додаток перенаправляє запит на сервер, прикріплюючи до заголовку запиту ключ доступу для подальшого розпізнавання користувача.

Сервер розшифровує отриманий заголовок та отримує з нього ідентифікаційний номер користувача, за рахунок якого з бази даних отримує інформацію щодо балансу. Якщо коштів недостатньо для виконання запиту, повертається помилка, що відображається у додатку разом із пропозицією

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

поповнити баланс. У випадку достатності коштів, сервер передає запит на док, що встановлено на паркуванні, на якому припарковано електрокар користувача. Далі, док передає запит на обробку до самокерованого робота, наступною задачею якого є перевірка наявності вільних пересувних акумуляторів. Ця дія виконується за рахунок доку, як сполучного з'єднання. Якщо немає жодного вільного акумулятора, робот повідомляє про це сервер, запит стає у чергу і про це повідомляється користувач.

У разі знаходження вільного пересувного акумулятору, самокерований робот під'їжджає до вільного акумулятору та підключає його. Далі робот із пересувним акумулятором направляється до авто, на заправку якого був запит. При наближенні до авто, робот починає пошук та розпізнавання порту для заряджання за допомогою комп'ютерного зору. Після розпізнання, починаються спроби під'єднати акумулятор до авто. У разі успішного підключення, акумулятор подає сигнал роботу. Після цього, робот направляється до доку на підзарядку у очікуванні наступних запитів.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		23

5 ОПИС ДІАГРАМИ КЛАСІВ

Розроблена діаграма класів представлена на кресленику ІА61.190БАК.005 Д2.

На діаграмі класів зображено два основних класи – User (користувач) та Dock (док). Важливою приміткою є те, що усі поля приватними, а отже доступ до них можливий лише через методи. Такий підхід є необхідним для забезпечення безпеки даних від зовнішнього втручання та читання. Натомість, більшість методів публічні, адже за рахунок методів відбувається контроль того, які дані отримує клієнт (додаток, або будь-яка інша реалізація)

User – абстрактний клас, що описує можливості як звичайних користувачів, так і інженерів.

Клас User має наступні поля:

а) id – унікальний ідентифікатор кожного користувача. Він зашифровується у ключ доступу, який генерує сервер при авторизації;

б) name – ім'я користувача. Не обов'язкове поле, потрібне лише для звернень до користувача у інтерфейсі додатку;

в) username – унікальне ім'я, яке користувач вигадує собі сам. Використовується для авторизації у системі та може містити як літери, так і цифри зі знаками;

г) password – пароль користувача. Використовується у парі із унікальним ім'ям користувача для авторизації. Може містити літери, цифри та знаки;

д) registerDate – дата реєстрації. Несе цінність лише для ведення історії реєстрацій, можливої аналітики, а також потенційних акцій у майбутньому.

Клас User надає такі методи:

а) getName – метод, що повертає ім'я користувача. Найчастіше використовується додатком для звернень;

б) getRegisterDate – метод, що повертає дату реєстрації. Використовується як додатком, так і для потенційної аналітики;

в) updateProfile – метод, що дозволяє змінювати ім'я та пароль користувача;

г) verifyPassword – метод, що повертає булеве значення. Приймає логін та пароль, вираховує хеш та порівнює із значенням у базі. Повертає True у випадку, якщо хеш співпадає із збереженим значенням, та False якщо хеш не співпадає.

Engineer – розширення класу User. Призначений для створення та налаштування доків. Лише інженер має можливість додавати, видаляти та змінювати доки, самокерованих роботів та пересувні акумулятори. Також, інженер ініціює та контролює створення мапи паркування. Не має балансу, адже інженерні аккаунти призначені суто для налаштувань.

Клас Customer є ще одним розширенням класу User. Призначений для кінцевих користувачів і надає можливості щодо контролю балансу, а також роботи із автівками.

Методи, які надає клас Customer:

а) hasEnoughBalance – приймає запит на суму коштів та повертає булеве значення. True, якщо у користувача достатньо коштів та False – якщо недостатньо;

б) refillBalance – приймає суму коштів та дозволяє користувачу поповнити свій баланс;

в) requestCharging – приймає id автівки та відправляє запит на сервер щодо необхідності у зарядці;

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		25

г) assignCar – приймає id автівки та дозволяє закріпити авто за користувачем;

д) unassignCar – приймає id автівки та дозволяє відкріпити авто від користувача.

Клас Car є залежним від класу Customer та відповідає за роботу із електрокаром. Має «багато до одного» зв'язок із класом Customer.

Клас Car має такі поля:

а) id – унікальний ідентифікатор авто. Використовується у будь-яких запитах, пов'язаних із ним;

б) customerId – унікальний ідентифікатор користувача, який володіє цим авто;

в) chargeLevel – рівень заряду акумулятора автівки. Використовується для того, щоб дізнатись про поточний статус заряду;

г) maxCharge – максимальний рівень заряду. Потрібен для того, щоб дізнатись поточний процент заряду авто.

Клас Car надає наступні методи:

а) getChargeLevel – повертає поточний рівень заряду авто;

б) getMaxCharge – повертає максимальний рівень заряду авто.

Клас Dock реалізує можливість зарядити авто і є зв'язуючою ланкою для самокерованого роботу та пересувного акумулятора.

Клас Dock має наступні поля:

а) id – унікальний ідентифікатор доку;

б) engineerId – унікальний ідентифікатор інженера, який відповідає за цей док.

в) Клас Dock надає такі методи:

г) requestCharging – метод, відповідний за початок обробки запиту на заряджання;

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

д) assignBattery – метод, що дозволяє закріпити за доком пересувний акумулятор;

е) unassignBattery – метод, що дозволяє відкріпити від доку пересувний акумулятор;

ж) assignSelfDrivingRobot – метод, що дозволяє закріпити за доком самокерованого робота;

з) unassignSelfDrivingRobot – метод, що дозволяє відкріпити від доку самокерованого робота.

Клас SelfDrivingRobot реалізує можливості самокерованого робота та є залежним від класу Dock. При цьому, у доку може бути більше, ніж один робот. При цьому, клас SelfDrivingRobot має «багато до одного» зв'язок із класом Dock.

Клас SelfDrivingRobot має наступні поля:

а) id – унікальний ідентифікатор самокерованого робота;

б) dockId – унікальний ідентифікатор доку, до якого підв'язано самокерованого робота;

в) chargeLevel – поточний рівень заряду батареї самокерованого робота.

Клас SelfDrivingRobot надає такі методи:

а) chargeCar – цей метод дозволяє почати процес заряджання авто. Він включає у себе пошук акумулятору, шляху до авто, початок його заряджання та повернення до доку;

б) getBatteryBack – цей метод дозволяє позапланово повернути пересувний акумулятор до доку;

в) returnToTheDock – дозволяє позапланово повернути робота до доку;

г) mapTheParking – метод, що використовується інженерами при розмітці мапи парковки.

Клас MovableBattery реалізує можливості пересувного акумулятора та залежить від класу Dock так само, як і SelfDrivingRobot.

Клас MoveableBattery має наступні поля:

- а) id – унікальний ідентифікатор пересувного акумулятора;
- б) dockId – унікальний ідентифікатор дока, до якого підв'язано пересувний акумулятор;
- в) chargeLevel – поточний рівень заряду пересувного акумулятора;
- г) goalCharge – цільовий рівень заряду авто, до якого підв'язано пересувний акумулятор;
- д) connected – стан підключення до авто;
- е) carId – унікальний ідентифікатор авто, до якого підв'язано пересувний акумулятор.

Клас MoveableBattery надає такі методи:

- а) isBusy – повертає булеве значення зайнятості пересувного акумулятора. Залежить від того, чи прив'язано його до будь-якого авто;
- б) setGoalCharge – метод, що дозволяє задати цільовий заряд авто, до якого підв'язано пересувний акумулятор;
- в) getChargeLevel – надає можливість отримати стан заряду пересувного акумулятора;
- г) isConnected – повертає булеве значення стану поля connected.

6 ОПИС ДІАГРАМИ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ

Розроблена діаграма варіантів використання представлена на кресленику ІА61.190БАК.005 ДЗ.

На діаграмі зображено три проміжні системи:

- а) додаток;
- б) мережа Інтернет;
- в) система на паркуванні.

Додаток є інтерфейсом для користувача, завдяки якому відбувається керування системою. Додаток дозволяє виконувати такі дії, як:

- а) догін – авторизація у системі, що включає у себе перевірку паролю та може відобразити повідомлення про помилку;
- б) перевірка балансу – передає на сервер запит щодо балансу і повертає відповідь користувачу. Може відбуватись лише після авторизації;
- в) поповнення балансу – передає на сервер запит щодо поповнення балансу користувача. Може відбуватись лише після авторизації;
- г) запит на заряджання – відбувається лише після заряджання та включає у себе перевірку достатності коштів. У випадку, якщо достатньо, запит потрапляє далі.

Мережа Інтернет. Сервер та зарядний док обмінюються даними через мережу Інтернет, а саме: запитів на заряджання, статусу заряду авто користувача. Вихід зарядного доку до мережі Інтернет може здійснюватись декількома способами:

- а) прямим дротовим підключенням (Ethernet, оптоволокну та ін.);
- б) підключенням через іншу Wi-Fi мережу;
- в) підключенням за рахунок використання мобільної Інтернет мережі, доступ до якої буде отримано, використовуючи SIM-карту.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		29

Система на паркуванні є зв'язуючою ланкою між зарядним доком та електрокарами, пересувними акумуляторами і самокерованими роботами. вона надає наступні можливості:

- а) запит статусу, що передається до пересувного акумулятора, який у свою чергу дізнається необхідну інформацію від електрокара;
- б) запит на заряджання, що включає в себе перевірку на наявність вільних пересувних акумуляторів, передається до самокерованого роботу і той виконує процес підключення, наприкінці перевіряючи статус підключення за рахунок звернення до пересувного акумулятору.

Результати усіх запитів та дій повертаються до додатку задля надання користувачу можливості слідкування за процесом.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		30

7 ВИБІР ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ

7.1 Wi-Fi маршрутизатор

До маршрутизатору вимоги наступні: забезпечення покриття всієї робочої площини паркування, можливість підтримувати велику кількість користувачів (пересувних акумуляторів та самокерованих роботів), підтримка VPN, а також достатня швидкість для забезпечення швидкого відгуку від системи для користувача. Під наведені вимоги підходить модель AC2300 MU-MIMO Wi-Fi (рисунок 7.1) [18].



Рисунок 7.1 – AC2300 MU-MIMO Wi-Fi гігабітний маршрутизатор [19]

У цій категорії наведеного маршрутизатору з переваг можна виділити:

а) потужний процесор – двохядерний із частотою 1.8ГГц. Це дозволить приймати великі об'єми запитів і швидко їх передавати на відповідні компоненти;

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

б) велика кількість одночасних з'єднань – можливість передавати дані на три пристрої одночасно за допомогою технології MU-MIMO;

в) VPN – підтримка OpenVPN і PPTP VPN, а також VPN Acceleration значно збільшує швидкість VPN з'єднання;

г) покриття – маршрутизатор містить потужний передавач та високопродуктивні антени, що разом із технологією Range Boost забезпечують покриття, якого буде достатньо для більшості паркувань;

д) підтримка Beamforming – концентрує сигнал на користувачах для збільшення ефективності мережі.

7.2 Обчислювальний модуль доку та пересувного робота

Як для доку, так і для пересувного робота, потрібні доволі потужні процесори по міркам подібних систем, адже у випадку із доком потрібно мати достатню потужність для потенціального розрахунку великої кількості запитів, а робот за рахунок обраного процесору має виявляти порти автомобіля, використовуючи комп'ютерний зір. Достатнім варіантом є Raspberry Pi 4 B (рисунок 7.2), адже за своєї невеликої ціни, це повноцінна незалежна система, яка до того ж має доволі велику потужність [20].

Великою перевагою перед повноцінними стаціонарними рішеннями є наявність великої кількості портів та вільних пінів, до яких можна підключати різноманітні модулі. Також, до нього можна підключити накопичувач, який відіграє важливу роль у навігації самокерованого робота.

					IA61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 7.2 – Raspberry Pi 4 B [21]

7.3 Накопичувач для доку

Накопичувач у системі відіграє роль енергонезалежного сховища для попередньо побудованої мапи паркування. Він не має бути ані великого обсягу, ані швидким, а отже, підійде і microSD карта, адже Raspberry Pi її підтримує і без неї не може функціонувати.

Достатнім варіантом буде будь-яка карта об'ємом близько 4Гб та вище, проте швидкість бажана за стандартом UHS-1. За рахунок такої карти пам'яті звернення до накопичувача будуть із мінімальною затримкою, а отже операційна система, як і читання мапи місцевості, повинні працювати дуже швидко.

7.4 Камера для самокерованого робота

Одними із найважливіших задач самокерованого робота є складання мапи місцевості, а також знаходження та визначення порту електрокара для подальшого підключення пересувного акумулятора. Для обох задач потрібна камера з можливістю працювати в умовах поганого освітлення, а також достатньою роздільною здатністю для розпізнавання малих деталей портів зарядки. Під описані вимоги підходить модель, зображена на рисунку 7.3 [22].



Рисунок 7.3 – Модуль камери для Raspberry Pi із інфрачервоним нічним режимом [23]

Обрана 1080P камера дозволяє більш точно розпізнавати тип порту. Вона має кут огляду у 160° – відмінно для створення мапи місцевості. А наявність інфрачервоного нічного режиму дозволить працювати навіть в умовах недостатнього освітлення, що є характерним для паркувань.

7.5 Акселерометр самокерованого робота

Акселерометр у схемі робота виконує допоміжну роль із орієнтацією у просторі. Особливих вимог для цього компоненту нема, тому вибрано

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш 34
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

акселерометр, який добре працює із Raspberry Pi – ADXL345 [24] (рисунок 7.4).

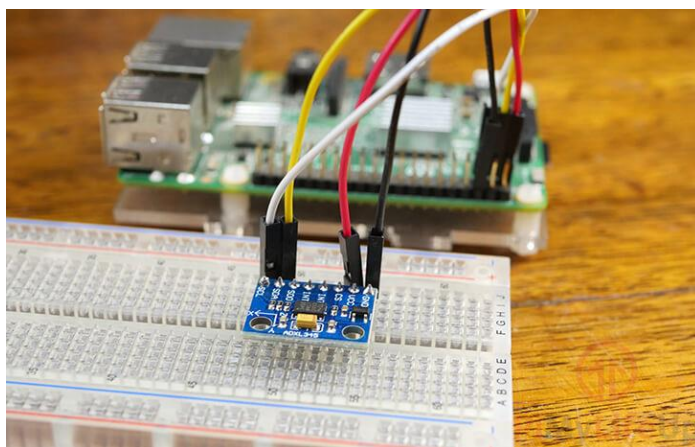


Рисунок 7.4 – Акселерометр ADXL345 [25]

На рисунку 7.5 зображена схема підключення акселерометра до Raspberry Pi.

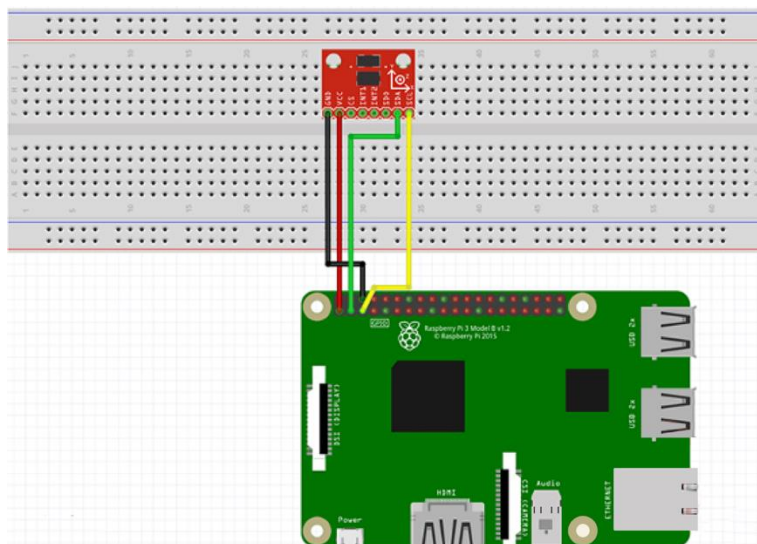


Рисунок 7.5 – Підключення акселерометра ADXL345 [26]

Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

ІА61.190БАК.005 ПЗ

Аркуш

35

7.6 Носій енергії для пересувного акумулятора

У якості носія енергії було обрано акумулятори типорозміру 18650, LGDBMJ11865 MJ1 [27] (рисунок 7.7).



Рисунок 7.6 – Акумулятори LGDBMJ11865 MJ1 [28]

Обрані акумулятори мають ємність 3500мАг, надають силу струму у 10А та напругу у 3.65В.

7.7 Контролер заряду пересувного акумулятора

Від контролера заряду залежить довговічність акумуляторного блоку. Оскільки жоден комерційний контролер не дозволяє одночасне підключення 3900 акумуляторів, було прийняте рішення брати по контролеру на пару, тобто 1450 контролерів на систему. У якості контролера був обраний BMS контролер із балансиrom заряду HX-2S-D20 [31] (рисунок 7.7).

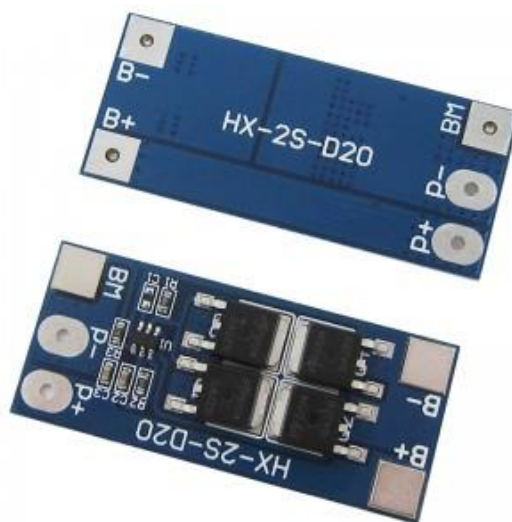


Рисунок 7.7 – BMS контролер із балансиrom заряду HX-2S-D20 для заряду двох акумуляторів типу 18650 [32]

Цей контролер обрано через його надійність та технічні характеристики, а саме – підтримку сили струму до 20А, максимальну потужність розряду акумулятора у 3.2 Вт, що надасть щонайменш 125кВт вихідної потужності, що є задовільним значенням, а також важливим є ресурс роботи – більш, ніж 30000 годин. Тобто, такий контролер гарантує близько чотирьох років постійного заряду/розряду.

7.8 Драйвер для керування двигунами та приводами

У наведеній системі драйвер дозволяє керувати як двигунами для переміщення самокерованого робота, так і для приєднання акумулятора до авто за рахунок маніпулятора. Для цих задач не потрібні високі напруги, а отже і драйвер має бути не промислових масштабів. Вибрана була модель L298N [33] (рисунок 7.8).

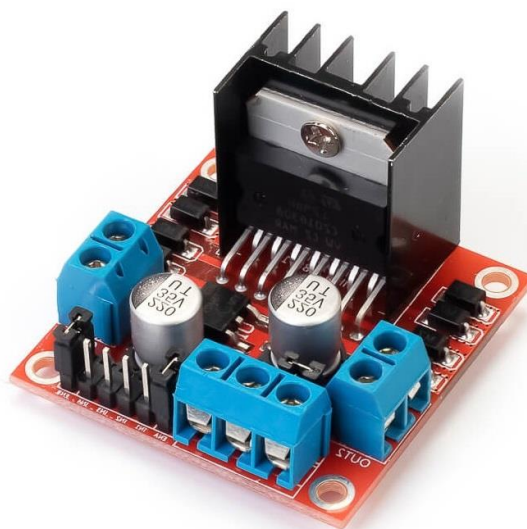


Рисунок 7.8 – драйвер двигуна L298N [34]

Обраний драйвер підтримує до двох щіткових, або ж один кроковий електродвигун.

З характеристик можна виокремити:

- е) максимальна напруга, яку може передати драйвер – 35В;
- ж) напруга для роботи логіки – 5В;
- з) струм для роботи логіки - 36мА;
- и) робочий струм драйвера – 2А;
- к) максимальний робочий струм драйвера – 3А;
- л) підтримує як прямий метод керування, так і ШІМ;
- м) можливість керування напрямом обертів двигунів окремо один від одного.

На рисунку 7.9 зображено схему драйвера L298N.

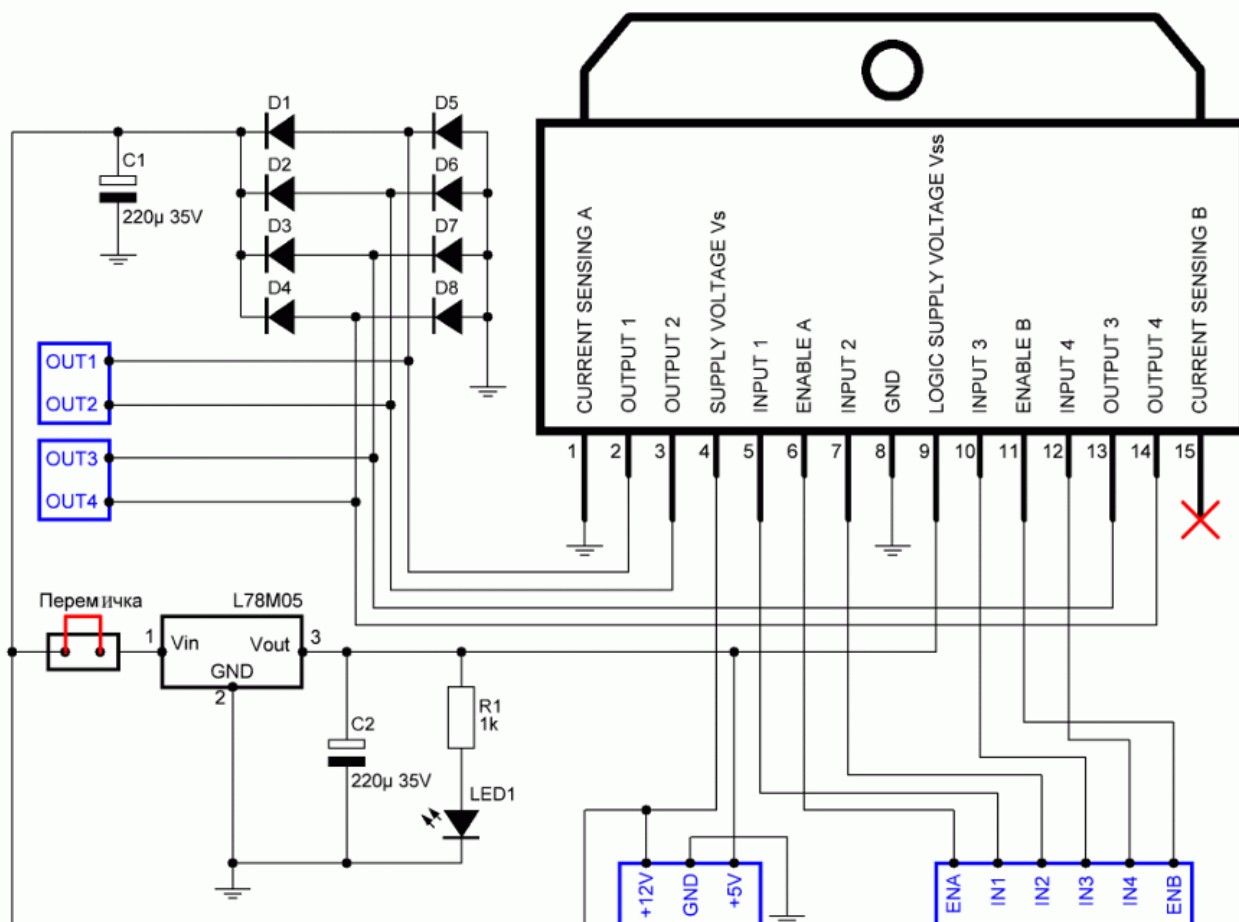


Рисунок 7.9 – Схема драйвера L298N [35]

7.9 Маніпулятор

Маніпулятор потрібен для керування кабелем зарядки пересувного акумулятора у просторі з ціллю підключення його до електрокара. Оскільки задача не потребує великої підйомної сили, було обрано маніпулятор MG996R DS3115 6 DOF [36] (рисунок 7.10).

Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

ІА61.190БАК.005 ПЗ

Аркуш

39



Рисунок 7.10 – маніпулятор MG996R DS3115 6 DOF [37]

7.10 Датчик відстані

Датчик відстані потрібен для уникнення завад під час прямування до електрокара. Вимоги до датчика відстані:

- а) повинен швидко працювати;
- б) велика дальність дії не є обов'язковою;
- в) повинен працювати в умовах недостатнього освітлення.

Для таких задач підійдуть сенсори типу ToF. Оскільки потрібна сумісність із Raspberry Pi, було обрано ToF камеру Pieye Nimbus 3D [38] (рисунок 7.11)

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рисунок 7.11 – Зовнішній вигляд ToF камери Pieye Nimbus 3D [39]

Обраний модуль володіє наступними ключовими характеристиками:

- а) роздільна здатність 352x288, що є достатньою, адже потреба лише у виявленні великих завад;
- б) дальність роботи – від 0.1 до 5 метрів;
- в) кут огляду – 66 градусів;
- г) частота кадрів – до 30 у секунду.

Оскільки кут огляду 66 градусів, а потрібно близько 270 градусів, то є необхідність у встановленні чотирьох таких камер на одного самокерованого робота задля достатнього охоплення оточуючих завад.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		41

8 ЕЛЕМЕНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ

8.1 Самокерований робот

Самокерований робот є дуже важливою частиною системи. Він з'єднує пересувні акумулятори із автівками. Після отримання запиту на заправку і під'єднання акумулятора, робот починає пошук автівки, постійно скануючи оточення за рахунок датчиків відстані та камер. Завдяки цьому, робот може уникати завади та безпечно доїхати до цільового електрокара. Після знаходження електрокара, робот починає пошук зарядного порту. Якщо порт не знайдено, відправляється повідомлення користувачу із проханням відчинити дверцята зарядного порту.

Процес роботи самокерованого робота:

а) робот отримує запит від сервера, який складається з паркомісця та бажаного об'єму заряджання;

б) починається опитування вільних пересувних акумуляторів щодо їх поточного об'єму накопиченої енергії;

в) самокерований робот знаходить акумулятор із зарядом, що найбільш близький до цільового об'єму, задає акумулятору цільовий об'єм, знімає з зарядки та пересуває до авто, на яке є запит на заряджання, постійно орієнтуючись за мапою місцевості та камерами;

г) за рахунок комп'ютерного зору ідентифікується тип порту електромобіля і обирається необхідний кабель заряджання;

д) кабель під'єднується до автівки і самокерований робот відправляється назад до зарядного доку, залишаючи пересувний акумулятор заряджати автівку;

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

е) коли акумулятор досяг виставленої цілі, робот повертається до нього, від'єднує від авто та повертає до зарядного доку. Якщо одного акумулятору було недостатньо для повного заряджання авто згідно з виставленою користувачем ціллю, робот діє починаючи з кроку 3;

ж) при виконанні цілі користувача, робот повідомляє про це на сервер.

8.2 Пошук порту для зарядки

Задача пошуку порту може бути реалізована декількома варіантами, а саме:

а) Прикріплення користувачем мітки на зарядний порт для подальшого розпізнавання;

б) Розпізнавання порту за рахунок комп'ютерного зору.

8.2.1 Пошук порту за рахунок мітки

У випадку реалізації варіанту із прикріпленням мітки до порту, потрібно додавати модуль для пошуку мітки до самокерованого робота. Єдиним варіантом мітки, що надасть достатню точність, є UWB [40] мітка. UWB (або ж надширока смуга) – це радіо технологія, що може використовувати малу кількість енергії для точного пошуку на невеликих відстанях. Такі мітки потребують:

в) декілька локаторів для точного пошуку;

г) пункти із персоналом для видачі таких міток користувачам, та їх реєстрації у базі;

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

д) відповідальність з боку користувачів для коректного встановлення міток на відповідний їм зарядний порт.

Після отримання користувачем мітки, він може причепити її до зарядного порту і користуватися системою незалежно від того, на якому облаштованому паркуванні знаходиться.

8.2.2 Пошук порту за рахунок комп'ютерного зору

У випадку пошуку за рахунок комп'ютерного зору, потрібно витратити час на збір даних для машинного навчання, проводити спроби тренування моделі, її тестування та виправлення помилок шляхом збільшення різноманітності даних та керування параметрами навчання моделі. Такий підхід потребує:

а) камеру для ідентифікації порту, що може працювати в умовах недостатнього освітлення;

б) обчислювальний модуль, потужності якого вистачить для аналізу відеопотоку у режимі реального часу.

Проте, дане рішення, після тренування моделі, дозволяє виконувати пошук порту використовуючи лише одну камеру та не потребуючи ніяких дій від користувача.

8.2.3 Вибір рішення для пошуку порту

Після вивчення можливих варіантів пошуку портів, можна виокремити наступні переваги та недоліки кожної із систем. Порівняння рішень пошуку порту за рахунок міток та комп'ютерного зору зображені у таблиці 8.1.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		44

Таблиця 8.1 – Порівняння рішень для пошуку порту

	Пошук порту за рахунок міток	Пошук порту за рахунок комп'ютерного зору
Потреба у попередньому тренуванні	Треба тренувати персонал для видачі міток	Треба тренувати модель комп'ютерного зору
Легкість у використанні для користувача	Попередньо треба отримати мітку та причепити її до зарядного порту. Після цього користування системою буде без зусиль	Користування системою не потребує зусиль з боку користувача
Інфраструктура	Потребує встановлення пунктів видачі міток	Не потребує додаткової інфраструктури
Реалізація на боці самокерованого робота	Потребує встановлення декількох локаторів	Потребує встановлення однієї камери.
Точність роботи	Висока точність, не потребує прямого контакту для знаходження	Висока точність, але потребує знаходження порту у області огляду камери

Отже, було обрано варіант пошуку порту із використанням комп'ютерного зору, адже за більшістю параметрів він краще і потребує лише початкового внеску у навчання моделі без необхідності підтримки інфраструктури видачі міток.

8.2.4 Реалізація

8.2.4.1 Опис обраного рішення для навчання моделі комп'ютерного зору

Для реалізації задачі розпізнавання зарядного порту було обрано тренування моделі комп'ютерного зіру, яка буде відбуватись за рахунок Create ML – бібліотеки для машинного навчання, представленою компанією Apple [41]. Обрана бібліотека дозволяє тренувати моделі машинного навчання із ціллю подальшого використання їх технологією Core ML, що дозволяє використання натренованих моделей згорткової нейронної мережі [42] для безлічі можливих задач, серед яких можна виокремити розпізнавання звуку, об'єктів на фото, тексту, рухів та ін. Згорткові нейронні мережі – клас глибоких штучних нейронних мереж прямого поширення, що застосовуються для аналізу зображень. У порівнянні із іншими класами нейронних мереж аналізу зображень, не сильно потерпає від розміру зображень, а отже може використовуватись із камерами, що мають високу точність зображення, адже згорткові мережі відповідають поведінці зорової кори. Обрані технології є надзвичайно ефективними у швидкості навчання та у результативному розмірі навченої моделі. Ці результати досягнуті за рахунок того, що Create ML використовує технологію переносу навчання – він використовує попередньо навчену на великому наборі даних мережу, котра включає в себе велику кількість шарів та має високу точність, а потім змінює її архітектуру для конкретної задачі, поставленої користувачем. Такий підхід дозволяє при невеликій кількості даних для навчання досягати значного відношення точності до швидкості навчання.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2.4.2 Процес тренування моделі комп'ютерного зору

Для тренування моделі розпізнавання об'єктів на фото за допомогою Create ML, треба підготувати тренувальні дані. Тренувальні дані складаються із набору фотографій та файлу, що описує, на яких фотографіях, де і які об'єкти знаходяться. Для цього використовувався сервіс Cloud Annotations від компанії IBM. Він дозволяє відмічати на фотографіях об'єкти, обводячи їх у квадрати та класифікуючи за унікальними назвами (рисунк 8.1).

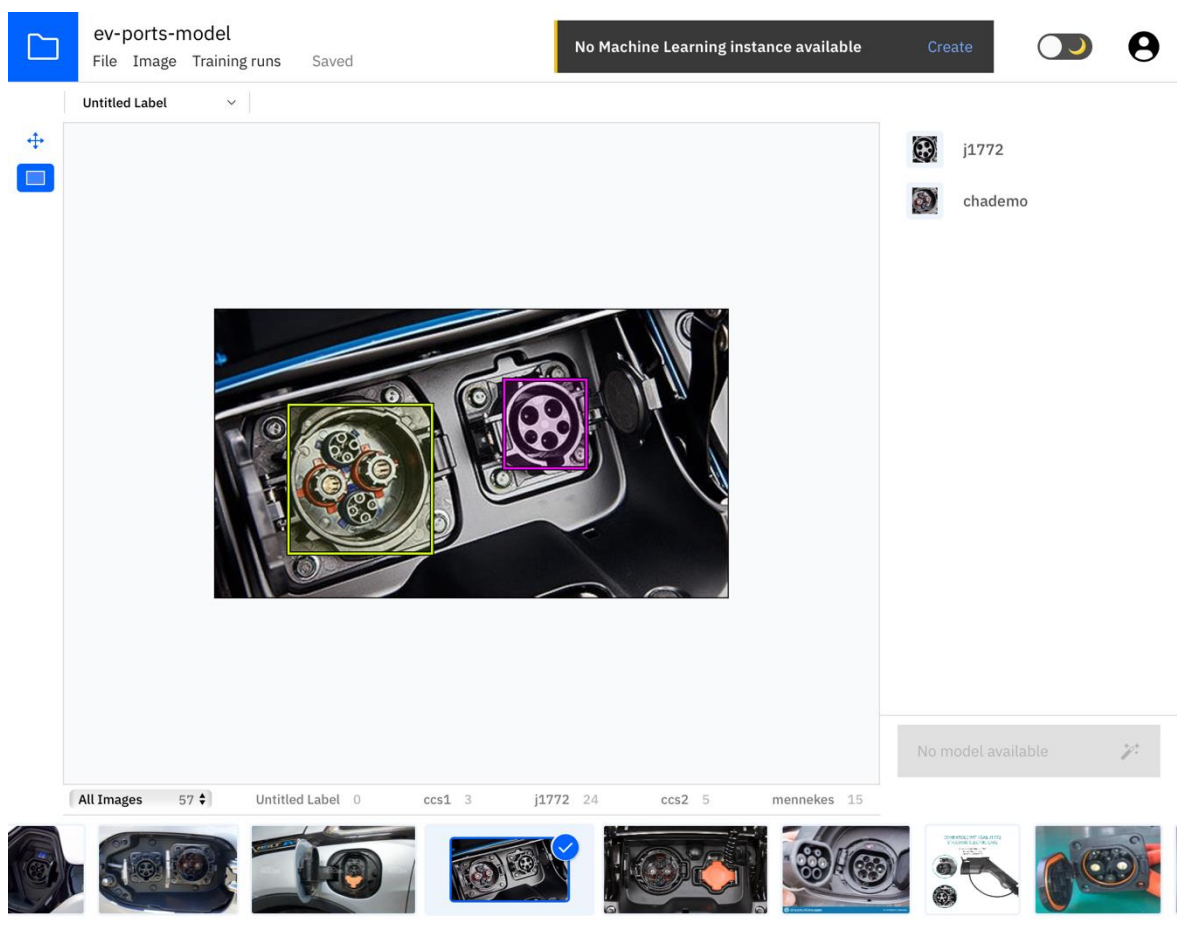


Рисунок 8.1 – Приклад роботи із Cloud Annotations

Отже, було зібрано 150 фотографій різних портів зарядки електромобілів як за рахунок пошуку зображень, так і реальних електрокарів.

Головна задача – різноманітність оточення задля того, аби модель не базувала свої навички на будь-чому, що не є портом. Після цього, зображення було перенесено в Cloud Annotations та були відмічені усі порти на фото. Наступним кроком є експорт підготованих тренувальних даних. У результаті отримано набір фотографій та файл анотацій (рисунок 8.2), що складається з інформації, на якій фотографії, де та що знаходиться. Частина змісту файлу анотацій зображена на рисунку 8.3.

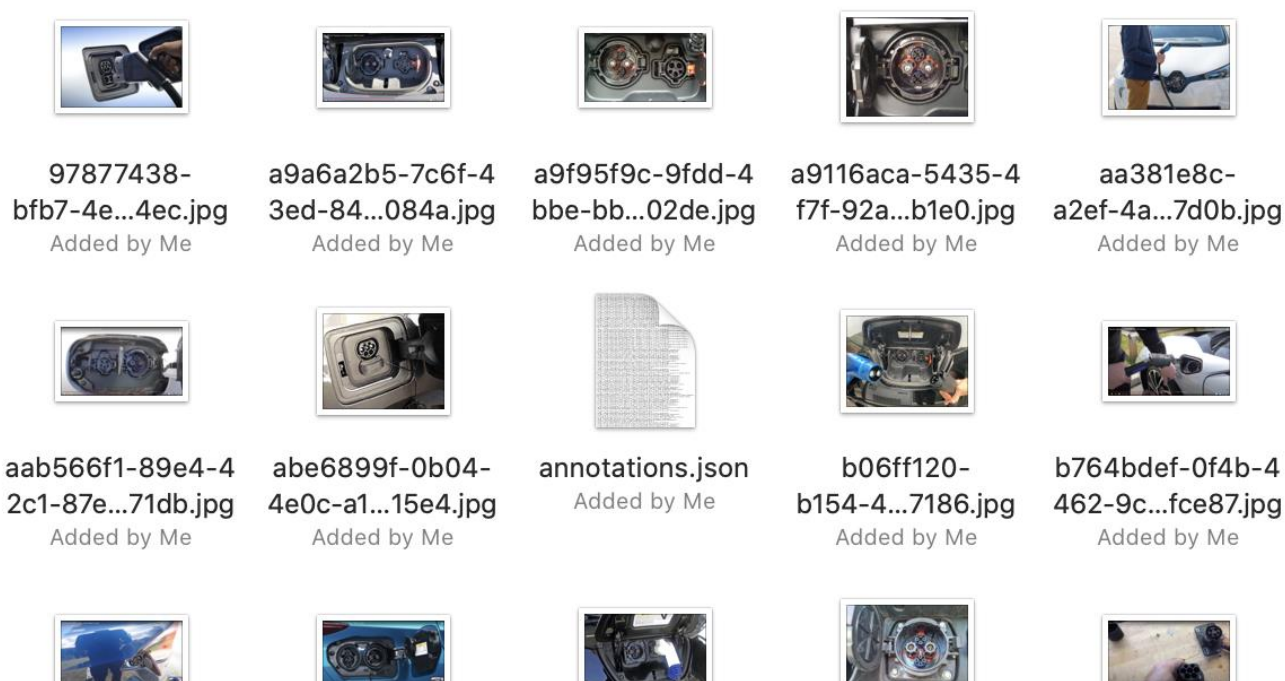


Рисунок 8.2 – Підготовані тренувальні дані із файлом анотацій

```
[
  {
    "image": "fcb2471-90a9-4996-9a0d-cc9c4bd183f6.jpg",
    "annotations": [
      {
        "label": "j1772",
        "coordinates": {
          "x": 934,
          "y": 566,
          "width": 78,
          "height": 82
        }
      },
      {
        "label": "ccs1",
        "coordinates": {
          "x": 920,
          "y": 604,
          "width": 119,
          "height": 182
        }
      }
    ]
  },
  {
    "image": "3d91e184-433a-488d-8824-f326fdd59a5a.jpg",
    "annotations": [
      {
        "label": "j1772",
        "coordinates": {

```

Рисунок 8.3 – Частина змісту файлу анотацій

Описаний процес був виконаний тричі для трьох різних наборів даних – для тренування, підтвердження та тестування. Далі тренувальні дані були імпортовані до нового проекту розпізнавання об’єктів у Create ML, задана кількість ітерацій навчання та запущений процес тренування (рисунок 8.4).

The screenshot shows the Create ML interface. At the top, there's a 'Train' button. Below it, the 'Input' section shows '6 Classes'. The 'Metrics' section has three dropdown menus for 'Training', 'Validation', and 'Testing', all set to '--'. The 'Output' section shows 'No Model'. Under 'Data Inputs', there are three boxes: 'Training Data' with '102 Items' and a dropdown set to '3'; 'Validation Data' with '57 Items' and a dropdown set to '2'; and 'Testing Data' with '39 Items' and a dropdown set to '1'. At the bottom, the 'Parameters' section shows 'Maximum Iterations' set to '15000'.

Рисунок 8.4 – Імпортовані дані для тренування моделі у Create ML

Оскільки було обрано 15000 ітерацій, тренування зайняло одну годину та тридцять дві хвилини, а розмір файлу натренованої мережі склав 63.7 Мб.

Наступним кроком є перевірка результатів. Програмне рішення Create ML також дозволяє це зробити. Приклад перевірки роботи натренованої моделі зображено на рисунку 8.5.

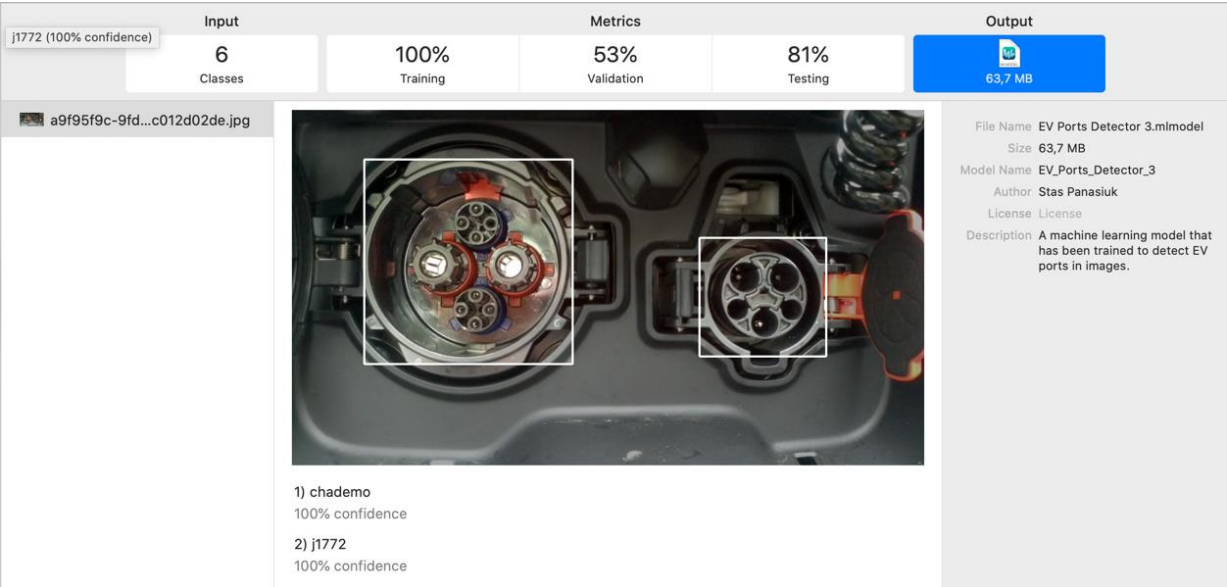


Рисунок 8.5 – Результати перевірки роботи натренованої моделі

Далі отриману модель можна використовувати у системі. Для ілюстрації працездатності моделі, було розроблено додаток для системи iOS, що використовує натреновану модель і дозволяє у режимі реального часу знаходити на зображенні з камери порти та ідентифікувати їх (рисунок 8.6).



Рисунок 8.6 – Приклад роботи натренованої моделі комп'ютерного зору

Таким чином, була отримана та перевірена модель комп'ютерного зору, яку можна використовувати для розпізнавання портів електрокарів самокерованим роботом.

8.3 Пересувний акумулятор

Після ідентифікації порту, самокерований робот має під'єднати пересувний акумулятор до нього. У свою чергу, пересувний акумулятор повинен мати достатні характеристики внутрішнього носія енергії, аби із

максимально доступною швидкістю заряджати авто. Отже, потрібно розрахувати необхідні характеристики внутрішнього носія енергії.

8.3.1 Роль у системі

Пересувний акумулятор є основним елементом системи. Їх може бути безліч і чим більше, тим більше електрокарів зможе заряджатись одночасно.

Основні задачі пересувного акумулятора:

а) коли робот отримав запит на заряджання, він опитує усі акумулятори щодо їх заряду – на цьому етапі відправляється необхідна інформація Wi-Fi мережею;

б) при підключенні до авто, акумулятор починає подачу напруги і вмикає лічильник;

в) при запиті від серверу (через док) щодо статусу процесу заряджання, відправляє поточний стан внутрішнього носія енергії, акумулятора електрокара, а також відсоток виконаної цілі із приблизним часом, який залишився до виконання завдання;

г) при майже повному розряджанні акумулятора, або виконанні завдання, отриманого від роботу, подає сигнал щодо готовності, аби його забрали.

8.3.2 Розрахунок характеристик носія енергії пересувного акумулятора

Обрані акумулятори форм-фактору 1865 мають ємність 3500мАг, надають силу струму у 10А та напругу у 3.65В. За таких характеристик, потужність одного акумулятора можна розрахувати за формулою 8.1.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = U \cdot I, \quad (8.1)$$

де P – потужність акумулятора (Вт);

U – напруга (В);

I – сила струму (А).

Після підставлення значень, отримано $P = 10 \cdot 3.65 = 36.5 \text{ Вт}$.

Значення ємності мА·год – це відносна величина, що описує ємність акумулятора для конкретної напруги. Тобто, ємність при 3.65В та при 4.2В буде різна. Оскільки цільове значення ємності має бути абсолютним, треба привести до Вт·год за формулою 8.2.

$$E = q \cdot U, \quad (8.2)$$

де E – запасена енергія (Вт·год);

q – запасений заряд (А·год);

U – середня напруга (В).

Після підставлення значень, отримано $E = 3.5 \cdot 3.65 = 12.775 \text{ Вт·год}$.

Оскільки потрібно надавати потужність близько 150кВт при об'ємі 50кВт·год, треба збирати обрані акумулятори у блоки шляхом послідовних та паралельних з'єднань. При послідовному з'єднанні, сила струму і ємність залишаються незмінними, а напруга – складається. При паралельному з'єднанні, сила струму складається, напруга залишається незмінною, а ємність – складається.

Для досягнення потрібної ємності, треба паралельно з'єднати N акумуляторів, де $N = \frac{50000}{12.775} = 3914$. Разом із ємністю змінилась і максимальна сила струму – тепер вона $10 \cdot 3914 = 39140 \text{ А}$.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність при 3914 паралельно з'єднаних акумуляторах, за формулою 8.1, стала $3.65 \cdot 39140 = 142\text{кВт}$, що є відмінним показником. Для легкості розташування обрано 3900 акумуляторів.

Оскільки розмір одного акумулятору типу 18650 – 18х65мм, розташування у акумуляторному блоці наступне – 15 у висоту (975мм), 20 у довжину (360мм) та 13 у ширину (234мм).

8.4 Док для підзаряджання

У системі док відіграє важливу роль для кожного компоненту, а саме:

а) самокерований робот увесь вільний час знаходиться на підзарядці в очікуванні запиту на заряджання від серверу, який має бути отриманим за рахунок доку та переданий роботу. Спілкування між доком та роботом відбувається за рахунок мережі Wi-Fi;

б) для пересувних акумуляторів док відіграє роль лінії зв'язку із роботом за рахунок Wi-Fi. Також, він заряджає пересувні акумулятори, доки ті не використовуються;

в) із сервером док обмінюється даними за рахунок виходу до інтернету, який може бути реалізований як дротовим підключенням, так і завдяки мобільній мережі. Цей зв'язок відіграє дуже важливу роль, адже саме від сервера надходять запити на заряджання, а також кінцевий користувач може отримувати повідомлення щодо стану його запиту лише завдяки постійному спілкуванню акумулятора та робота із доком.

8.5 Додаток

Додаток є зв'язуючою ланкою між користувачем та сервером.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Користувач може залишити запит на заряджання як за першою можливістю, так і відкладений – це надає максимальну гнучкість у замовленні зарядки.

Такий запит надходить до серверу, а сервер, у свою чергу, звертається до зарядного доку. Якщо у ньому є вільні акумулятори, робот підвозить його до машини користувача та за допомогою руки-маніпулятора під'єднує до автомобіля. Якщо вільних акумуляторів нема, то автомобіль стає у чергу на зарядку.

Також перед початком заряджання, сервер перевіряє стан балансу користувача, адже потрібно мати на рахунку достатню суму коштів. Якщо їх недостатньо, користувачу відображається відмова у наданні послуг заряджання.

Додаток підтримується операційною системою iOS та потребує версію не меншу, ніж iOS 13. Також, він потребує підключення до інтернету.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

У ході розроблення дипломного проекту, система автоматичної зарядки на паркуванні, були розглянуті усі актуальні типи портів для заряджання електрокарів, була розроблена концепція і можливий варіант її реалізації, а також особливості роботи із бібліотекою Core ML та програмним забезпеченням Create ML для створення моделей комп'ютерного зору.

Спроектowana система передбачає можливість встановлення на будь-якій парковці, на якій не є фінансово вірним рішення забезпечення великої кількості електрокарів зарядними пристроями.

Було виявлено, що система не має комерційних аналогів, а єдиним схожим проектом є незакінчений концепт. Система, розроблена у дипломному проекті, є унікальною і більш просунутою за рахунок таких функцій, як ідентифікація порту електрокару за рахунок комп'ютерного зору, можливості встановлення автівки у чергу на зарядку, а також можливості відкладеного заряджання, у той час, як згаданий концепт не надає ніякої гнучкості окрім замовлення заряджання за першою можливістю.

У процесі опису компонентів, були підібрані мінімально необхідні компоненти і розраховані характеристики носія енергії пересувного акумулятора.

Також, були побудовані функціональна та структурна схеми системи, що включає у себе додаток, сервер, док для заряджання, один, чи більше пересувний акумулятор, та одного, чи більше самокерованого робота.

Дана модель не враховує деякі особливості, що мають бути враховані у реальній системі автоматичного заряджання. Наприклад, порт електрокара може знаходитись у недосяжному місці, або виїзд з доку може бути перешкоджено. Підрахунки потрібної кількості акумуляторів та їх

					IA61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		56

характеристик є лише теоретичними і на практиці будуть більші габарити, а також втрата потужності і ємності.

Система може бути вдосконалена у майбутньому. Наприклад, можна додати системи для захисту від крадіжок, компактний док із пересувними акумуляторами, що зберігаються у підземному відділенні, за рахунок чого необхідна площа є меншою а потенційна кількість акумуляторів - більшою. Також, модель комп'ютерного зору можна тренувати у процесі роботи роботів задля збільшення її точності із часом. До того ж, можлива розробка універсальних насадок на кабель заряджання для відмови від необхідності облаштування пересувного акумулятора кабелями під кожен зарядний порт. Усі виправлення та можливі вдосконалення можуть лягти у основу майбутньої реалізації системи автоматичного заряджання електрокарів на паркуванні.

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Electric Vehicle Charging Guide | ChargeHub. URL: <https://chargehub.com/en/electric-car-charging-guide.html> (дата звернення 29.03.2020).
2. SAE J1772 – Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772.
3. Зображення порту J1772. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d0/Type1_J1772.svg/440px-Type1_J1772.svg.png (дата звернення 29.03.2020).
4. Типы зарядных станций для электромобилей + разъемы зарядных устройств. URL: <https://autogeek.com.ua/typy-zarjadnyh-stancij-dlja-elektromobil/> (дата звернення 29.03.2020).
5. Зображення порту Mennekes. URL: <https://electrocars.lt/wp-content/uploads/2019/05/Socket-TYPE2.png> (дата звернення 29.03.2020).
6. CHAdeMO – Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdeMO> (дата звернення 29.03.2020).
7. Зображення порту CHAdeMO. URL: <https://p1.hiclipart.com/preview/342/73/231/electricity-symbol-electric-vehicle-chademo-battery-charger-combined-charging-system-charging-station-bmw-i3-car-png-clipart.jpg> (дата звернення 29.03.2020).
8. CHAdeMO releases the latest version of the protocol enabling up to 400KW – Chademo Association. URL: <https://www.chademo.com/chademo-releases-the-latest-version-of-the-protocol-enabling-up-to-400kw/> (дата звернення 30.03.2020).

9. Зображення основних портів електрокарів. URL: https://cad-block.com/uploads/posts/2018-12/1546255558_electric-vehicle-connector.jpg (дата звернення 30.03.2020).
- 10.Зображення порту CCS Combo 2. URL: <https://thumbs.dreamstime.com/b/electric-car-charging-plug-type-mennekes-ccs-combo-europe-line-icon-witch-editable-stroke-standard-ev-charger-connector-124853941.jpg> (дата звернення 30.03.2020).
- 11.Here Is The Prototype For The New GB/T – CHAdEMO Plug And Inlet. URL: <https://insideevs.com/news/356958/prototype-new-gbt-chademo-plug-inlet/> (дата звернення 30.03.2020).
- 12.Зображення концептуального порту ChaoJi. URL: <https://cdn.motor1.com/images/mgl/8LGJW/s1/prototype-for-the-new-gb-t-chademo-plug-inlet.jpg> (дата звернення 30.03.2020).
- 13.Electric vehicle battery – Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery (дата звернення 30.03.2020).
- 14.Tech Specs - Gen 2 | Plugless Power. URL: <https://www.pluglesspower.com/gen2-tech-specs/> (дата звернення 30.03.2020).
- 15.Зображення схеми заряджання Plugless системою бездротового заряджання. URL: https://www.pluglesspower.com/wp-content/uploads/2016/12/Tesla_diagram_techspec.png (дата звернення 30.03.2020).
- 16.Volkswagen Reveals Mobile Charging Robot That Autonomously Charges EV — urdesignmag. URL: <https://www.urdesignmag.com/technology/2020/01/02/volkswagen-mobile-charging-robot> (дата звернення 19.04.2020).

- 17.Зображення концепту Volkswagen Mobiler Charging Robot. URL: <https://www.urdesignmag.com/wordpress/wp-content/uploads/2020/01/volkswagen-mobile-charging-robot-3.jpg> (дата звернення 19.04.2020).
- 18.AC2300 MU-MIMO Wi-Fi гігабітний маршрутизатор. URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/home-networking/wifi-router/archer-c2300/> (дата звернення 19.04.2020).
- 19.Зображення маршрутизатора TP-Link AC2300. URL: https://static.tp-link.com/ArcherC2300-01_1552465547805O.jpg (дата звернення 19.04.2020).
- 20.Raspberry Pi 4 Model B. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/> (дата звернення 19.04.2020).
- 21.Зображення Raspberry Pi 4 Model B. URL: <https://www.elektor.com/media/catalog/product/cache/1404d1bfd8e1ad71cc6f16950ff5c805/r/a/raspberry-pi-4-4gb.jpg> (дата звернення 19.04.2020).
- 22.1080P 5MP 160° Fish Eye Surveillance Camera Module For Raspberry Pi With IR. URL: https://www.banggood.com/1080P-5MP-160-Fish-Eye-Surveillance-Camera-Module-For-Raspberry-Pi-With-IR-Night-Vision-p-1234118.html?cur_warehouse=CN (дата звернення 19.04.2020).
- 23.Зображення 1080P 160° камери для Raspberry Pi із інфрачервоним нічним режимом. URL: <https://imgaz2.staticbg.com/thumb/large/oaupload/banggood/images/DC/C2/60bec6cb-0147-4c62-b430-361e9abfccb6.JPG> (дата звернення 19.04.2020).

24. Raspberry Pi Accelerometer using the ADXL345 - Pi My Life Up. URL: <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-accelerometer-adxl345/> (дата звернення 24.04.2020).
25. Зображення акселерометра ADXL345. URL: <https://pi.lbbcdn.com/wp-content/uploads/2019/05/Raspberry-Pi-ADXL345-Accelerometer-Thumbnail.jpg> (дата звернення 24.04.2020).
26. Зображення схеми підключення акселерометра ADXL345 до Raspberry Pi. URL: <https://pi.lbbcdn.com/wp-content/uploads/2019/05/Raspberry-Pi-ADXL345-Accelerometer-Wiring-Schematic.png> (дата звернення 24.04.2020).
27. Аккумулятор литиевый 18650 LG INR18650MJ1 (LGDBMJ11865 MJ1) 3500mAh 10A 4.2/3.65/2.5V зеленые. URL: <https://rozetka.com.ua/85285698/p85285698/> (дата звернення 24.04.2020).
28. Зображення акумуляторів типорозміру 18650. URL: https://il.rozetka.ua/goods/12002938/85285698_images_12002938782.jpg (дата звернення 24.04.2020).
29. Ампер-час — Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ампер-час> (дата звернення 24.04.2020).
30. Послідовне і паралельне з'єднання провідників — Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Послідовне_і_паралельне_з'єднання_п_ровідників (дата звернення 24.04.2020).
31. BMS контроллер заряда-разряда для 2-х Li-Ion аккумуляторов 18650 HX-2S-D20 13/20A 7.4V. URL: https://3v3.com.ua/product_7414.html (дата звернення 24.04.2020).

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		61

- 32.Зображення BMS контролера із балансиrom заряду HX-2S-D20. URL: <https://3v3.com.ua/data/medium/hx2sd20.jpg> (дата звернення 24.04.2020).
- 33.Драйвер двигателя L298N: описание, подключение, схема, характеристики. URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/drayver-dvigatelya-l298n/> (дата звернення 24.04.2020).
- 34.Зображення драйвера L298N. URL: https://3d-diy.ru/upload/iblock/68c/Drajver_dvigatelya_L298N.jpg (дата звернення 24.04.2020).
- 35.Зображення схеми драйвера L298N. URL: https://3d-diy.ru/upload/medialibrary/ba7/elektricheskaya_skhema_modulya_L298N.gif (дата звернення 24.04.2020).
- 36.Робот манипулятор MG996R DS3115 6 DOF. URL: <http://top-shop-magazin.ru/i/32831130256.html> (дата звернення 24.04.2020).
- 37.Зображення маніпулятора MG996R DS3115 6 DOF. URL: https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1EjCwXjihSKJy0Feq6zJtpXaU/MG996R-DS3115-6-DOF.jpg_q50.jpg (дата звернення 24.04.2020).
- 38.Pieye Nimbus 3D ToF Camera Module for Raspberry Pi - Elektor. URL: <https://www.elektor.com/pieye-nimbus-3d-tof-camera-module-for-raspberry-pi> (дата звернення 24.04.2020).
- 39.Зображення ToF камера Pieye Nimbus. URL: <https://www.elektor.com/media/catalog/product/cache/5562f759999b940b867d7ecf207c58b6/p/i/pieye-nimbus-3d-tof-camera-module-for-rpi.jpg> (дата звернення 24.04.2020).
- 40.Ultra-wideband - Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-wideband> (дата звернення 20.05.2020).

41.Инструменты Apple для машинного обучения. URL:
<https://habr.com/ru/company/redmadrobot/blog/418307/> (дата звернення
20.05.2020).

42.Згорткова нейронна мережа — Вікіпедія. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Згорткова_нейронна_мережа (дата
звернення 20.05.2020).

					ІА61.190БАК.005 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

